1К

УДК 681.32

В.П. Кожем'яко, А.В. Кожем'яко
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна
kvp@vstu.vinnica.ua, kvantron@gmail.com

Концепції створення образного комп'ютера око-процесорного типу

У статті розглядаються можливості побудови абстрактного КВ-автомата у логіко-часовому середовищі для підвищення ефективності око-процесорної обробки інформації. Розглянуто основні положення розвитку оптико-електронних логіко-часових середовищ в контексті нейробіологічної інтерпретації для подальшого застосування у штучних нейронних мережах. Запропоновано логіко-часову модель нейронного елемента на основі квантронів з можливістю використання відомих переваг функціональної оптоелектроніки. Розглянуто особливості апаратної реалізації формального нейрона – перцептрона. Досліджено проблеми, пов'язані з обґрунтуванням пріоритетності оптоелектронної схемотехніки для апаратної реалізації образного комп'ютера. На основі концептуального підходу та теоретичного аналізу пропонуються відповідні моделі та апаратні варіанти око-процесорних структур як базових компонентів образного комп'ютера.

Вступ

Інформатизація усіх сфер життя – це всезагальний та необхідний процес, який забезпечує становлення інформаційного суспільства в Україні. Однак сучасні процеси інформатизації, набуваючи глобального характеру, повинні орієнтуватися не лише на традиційні підходи.

Інтелектуальні інформаційні технології – це високі інформаційні технології, які моделюють та відтворюють елементи інтелекту людини. Інтелектуальні інформаційні технології (ІІТ) – об'єктивна реальність, проте в їх створенні є проблеми та труднощі. Одна із основних – обмежені можливості сучасних обчислювальних машин. Вони погано оперують з образами. Останнім часом все більше висувається нових ідей та проектів у даній сфері. Одним із проявів якісно нового підходу в системі методології сучасних інтелектуальних структур є наукові дослідження, які здійснюються в напрямку створення образного комп'ютера (ОК). Розробка таких комп'ютерів, які виконують не тільки обчислення, але й моделюють образне сприйняття світу, образне прийняття рішень і орієнтовані на виконання функціонального моделювання інтелектуальної діяльності людини, відносять до проривних напрямків у науково-технічному поступі [1].

Модель абстрактного КВ-автомата в логіко-часовому середовищі

Запропоновано новий спосіб розпізнавання зображень за допомогою око-процесорного виділення ознак, в якому за допомогою нових операцій виділення спільних амплітудно-часових частин та ієрархічного додавання досягаються паралельна обробка усієї поверхні та створення неявно виражених ознак різних типів (рис. 1). Зокрема можна використовувати око-процесорний спосіб для ідентифікації та розпізна-

вання двовимірних та тривимірних зображень. Ідентифікація зображень складається з результатів аналізу описів ознак з геометричними даними об'єкта. Структурно-символьний опис містить відомості про тип і форму, положення й орієнтацію об'єкта в полі зору відеодатчика. Для підвищення оперативності і якості такого розпізнавання необхідно вводити геометричні ознаки, які можна сформувати із силуетного контура зображення.

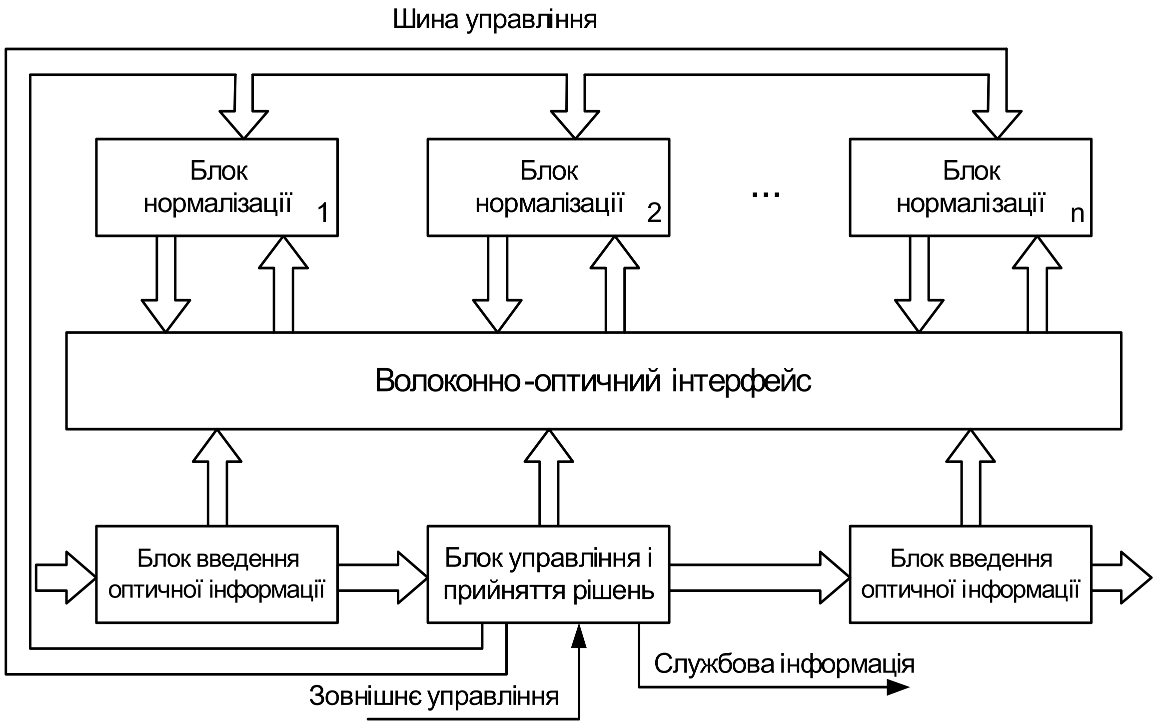


Рисунок 1 – Загальна структура око-процесора

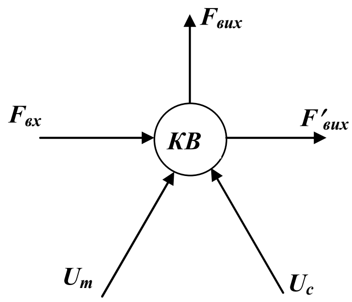
Розпізнавання зображення відбувається на якісно новому рівні шляхом генерації неявно виражених ознак з організацією еволюціонуючої бази знань та врахуванням впливу цих ознак одна на одну та на вихідну функцію, яка може описувати характеристики реального об'єкта, незалежно від типу вхідного сигналу.

В якості такої функції використано логіко-часову функцію (ЛЧФ) [2], поняття якої започатковано професором В.П. Кожем'яко і є подальшим розвитком апарату векторно-перемикаючих функцій З.Л. Рабиновича [3]. В апараті ЛЧФ використовується період існування аргументу T_i, особливості k-значної логіки, момент початку відрізку існування t_i. Оскільки за носія інформації ЛЧФ використовує час, то з'являється можливість перетворення будь-якого набору вхідних сигналів на часові інтервали і отримання шляхом певної обробки на виході пристрою деякого інтегрального показника, за допомогою якого можна ідентифікувати як стаціонарні зображення, так і об'єкти в динаміці.

Ефективність такої ідентифікації значною мірою залежить від апаратної реалізації технічних засобів. Саме у зв'язку з цим доцільно розглянути можливість синтезу цифрових автоматів з використанням базових операцій логіко-часових функцій. Останні математично описуються послідовністю змінних, що дозволяє стверджувати доцільність використання при реалізації цифрових пристроїв типу регістрів та лічильників.

Найбільш просто основні операції реалізуються на оптоелектронних елементах – квантронах, в яких пам'ять обумовлена наявністю глибокого зворотного оптичного зв'язку, а індикація стану фіксується режимом джерела випромінювання.

Структурне позначення такого квантрона зображено на рис. 2, де напруга модуляції на виході квантрона $U_м = U_з$ – в режимі запуску елемента та $U_м = U_ф$ – в режимі фіксації (стійкого стану) елемента.



$F_{вх}$	$F_з$	$F_ф$	F_c	$F_{вих}$	$F'_{вих}$
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0

Рисунок 2 – Структурне позначення квантрона

$\boldsymbol{F_{вх}}$ квантрону, як і решту його вхідних і вихідних сигналів, можна представити у вигляді ЛЧФ, як це показано на рис. 3.

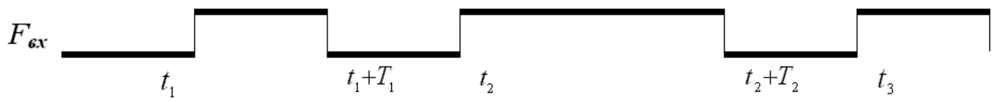


Рисунок 3 – Вхідна ЛЧФ квантрону

Відомі різні підходи до визначення поняття скінченого автомата, які можуть бути розбиті на групи макропідходу та мікропідходу. Для розв'язування задач розпізнавання загалом нас цікавить макропідхід. При такому підході з'ясовують зовнішню поведінку пристрою, процес обробки вхідної інформації у вихідну та послідовність його станів. На такому шляху приходять до поняття абстрактного скінченого КВ-автомата [4].

Найбільш перспективно реалізувати модель абстрактного автомата у логіко-часовому базисі, застосувавши матричну форму представлення ЛЧФ [5], яка базується на введеному понятті Δ-розбиття.

Нехай маємо деяку ЛЧФ *k*-значної логіки $f(t, t_1, t_2, \ldots, t_m, T_1, T_2, \ldots, T_m, a_1, a_2, \ldots, a_m)$, де $t_1, \ldots, t_m$ – часові координати, $T_1, \ldots, T_m$ – відповідні відрізки існування, $a_1, \ldots, a_m$ – амплітуди, що відповідають даним відрізкам існування; яка розглядається на деякому часовому проміжку $[t_l, t_{l+1}]$. Усі тривалості часових інтервалів T_i, $i = \overline{1,k}$ можна виразити в Δ-інтервалах, тому:

а) якщо $t_{l+1} - t_l = mn\Delta_i$, то

$$f = \begin{pmatrix} \underbrace{a_1 \quad a_1 \ldots a_1}_{T_1\ раз} & \underbrace{a_2 \quad a_2 \ldots a_2}_{T_2\ раз} \\ \ldots & \ldots \\ \ldots & \underbrace{a_к \quad a_к \ldots a_к}_{T_к\ раз} \end{pmatrix}_{m \times n}, \tag{1}$$

б) якщо $t_{l+1} - t_l = p\Delta_i$ та $p < mn\Delta_i$, то

$$f = \left(\begin{array}{l} p\left\{ \begin{array}{l} \underbrace{a_1 \quad a_1 \ldots a_1}_{T_1\ раз} \quad \underbrace{a_2 \quad a_2 \ldots a_2}_{T_2\ раз} \\ \ldots \\ \underbrace{a_{\kappa-1} \quad a_{\kappa-1} \ldots a_{\kappa-1}}_{T_{\kappa-1}\ раз} \quad \underbrace{a_\kappa \quad a_\kappa \ldots a_\kappa}_{T_\kappa\ раз} \end{array} \right. \\ m-p\left\{ \begin{array}{l} * \quad * \ldots * \quad * \quad * \ldots * \\ \ldots \\ * \quad * \ldots * \quad * \quad * \ldots * \end{array} \right. \end{array} \right)_{m \times n} , \qquad (2)$$

де символ «*» може набувати довільне зі значень від 0 до k-1, яке обирається з огляду на поставлену задачу.

На рис. 4 наведено діаграми розпізнавання об'єкта з використанням бази даних.

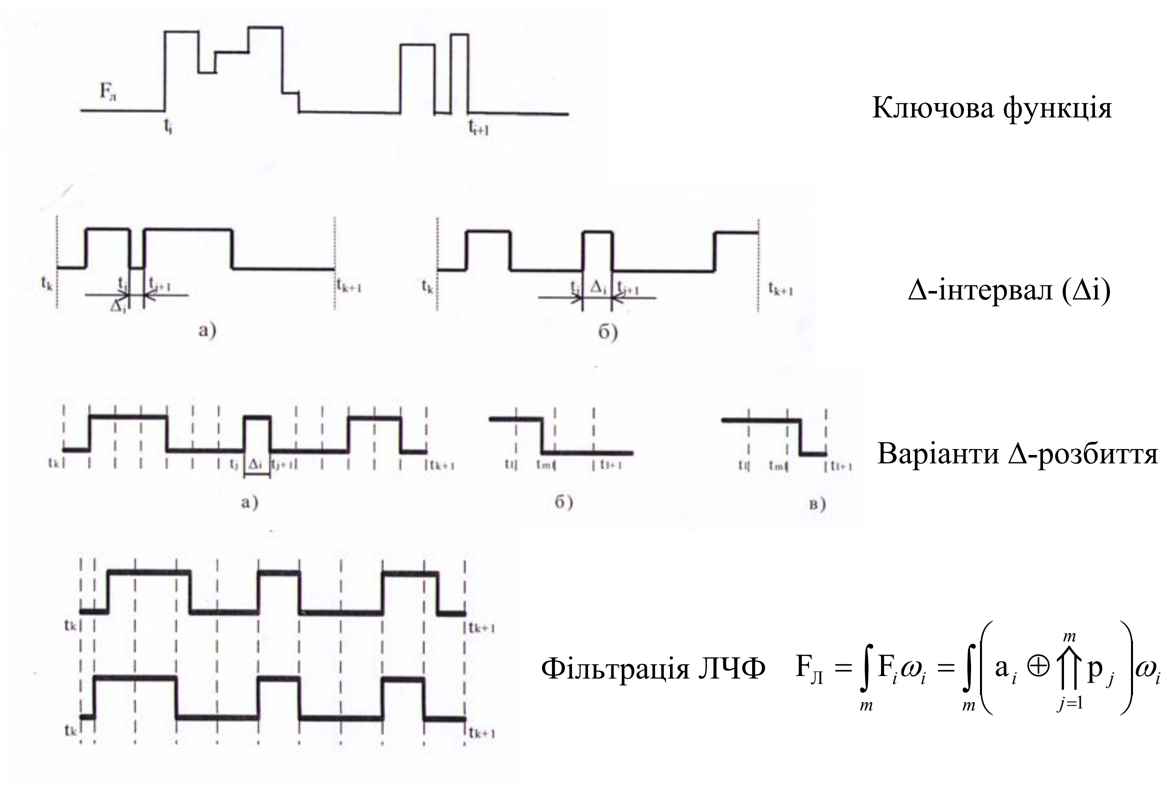


Рисунок 4 – Розпізнавання об'єкта з використанням бази даних

Абстрактним скінченим автоматом називається набір $V = (A, Q, B, \varphi, \psi)$, де A, Q, B – скінченні множини, φ – ЛЧФ визначена на $Q \times A$, яка приймає значення із Q, ψ – ЛЧФ визначена на $Q \times A$, яка приймає значення із B. При цьому A, Q, B називаються відповідно вхідним алфавітом, алфавітом станів та вихідним алфавітом автомата. Оскільки дані множини розглядаються в логіко-часовому середовищі, то елементами даних множин будуть значення відповідних амплітуд.

Логіко-часова модель формального нейрона

Спрощено нейромережу (НМ) можна розглядати як глобально зв'язану мережу примітивних процесорів-нейронів [5], [6]. Очевидно, що основним елементом в оптоелектронній НМ є квантрон – багатофункційний елемент пам'яті аналогово-цифрового типу із зовнішньою індикацією станів [7]. Наявність керованих оптичних інформаційних входів і оптичного виходу підвищує комунікабельність квантрона в порівнянні з аналогічними електронними елементами. Оптичні канали зв'язку забезпечують міжелементну гальванічну розв'язку, спрощують організацію міжрозрядних зв'язків. Схемотехнічно квантрон простіший, ніж електронний статичний елемент пам'яті. За споживаною потужністю квантрон економічніший, ніж потенційні тригери, оскільки в нульовому стані практично не споживає енергії [8]. За швидкодією його можна порівняти з елементами пам'яті, побудованими на елементах серії ТТЛ [7-9].

Перелічені характеристики квантрона свідчать про перспективність його застосування не тільки як елементної бази оптоелектронних засобів обчислювальної техніки [2]. Квантрон є активним елементом оптоелектронної однорідної мережі, який виконує обробку інформації за допомогою паралельного оптичного порівняння та часового зсуву, з чим пов'язані висока швидкодія, схемотехнічна та апаратурна мінімізація, високий захист від завад. У цьому випадку квантрон можна визначити як нейроподібний логіко-часовий елемент (НЛЧЕ), для якого справедливі такі аксіоми [8]:

1) кожний НЛЧЕ має n входів і тільки один вихід;
2) вихідний сигнал кожного НЛЧЕ може бути знайдений за вхідним сигналом;
3) синапси НЛЧЕ можуть бути збуджувальними або гальмівними.

Кожний нейрон обчислює певну суму сигналів, які надійшли до нього синапсами, та виконує над нею нелінійне перетворення. Під час пересилання по синапсах сигнали перемножуються на деякий ваговий коефіцієнт. Оскільки ми маємо справу з квантронною схемотехнікою, то найлогічніше застосовувати для синтезу і математичного моделювання нейромережі апарат логіко-часових функцій.

Логіко-часову модель ФН наведено на рис. 2 [8], вихідний сигнал якого оцінюється як:

$$y = \sum_{i=1}^{N} A_i X_i \,, \tag{3}$$

де A_i – деякий ваговий коефіцієнт, що може змінювати значимість під час пересилання інформації по синапсах.

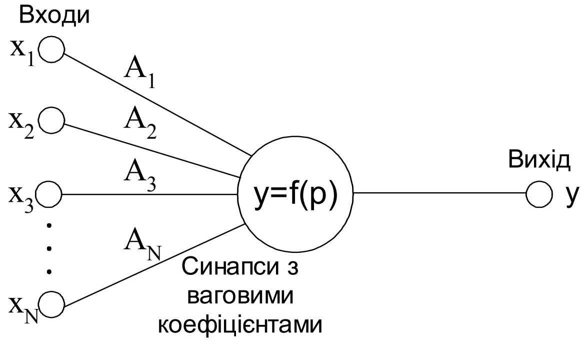


Рисунок 5 – Логіко-часова модель формального нейрона

Якщо припустити, що по синапсах проходить сигнал, який модулюється за довжиною імпульсу (за часом), тобто як логіко-часова функція, тоді вираз (3) матиме вигляд, аналогічний відомому способу паралельної обробки інформації [9]:

$$y = \sum_{i=1}^{N} T_i X_i \,, \tag{4}$$

де T_i – час або тривалість імпульсу в кожному *i*-му синапсі.

У моделі нейронної мережі для обробки інформації часові функції $x_1(t), x_2(t), ..., x_{n-1}(t), x_n(t)$ у початковий момент часу порівнюють між собою за довжиною у вхідному нейроні – часовому кон'юнкторі, що виконує операцію порівняння

$$x_i(t) - x_j(t) = \max\left(\overline{x_i}, \overline{x_j}\right)_{t(x_i, x_j)} \wedge \max(x_i(t), x_j(t)) \,. \tag{5}$$

Потім ця ж операція виконується у кожному нейроні, який виконує операцію часового віднімання. В кожному нейроні-затримувачі виконується операція затримки часового сигналу. Вихідний нейрон реалізує функцію запам'ятовування та зсуву часової інформації, що надходить з вхідного нейрона.

Сумарна дія часової інформації G_i на нейрон H_i складається з головної та допоміжних дій. Тривалість сумарної дії G_i є визначальною для допоміжних дій:

$$\sum_{i=1}^{N} x_i, \ \sum_{i=1}^{N} p_i, \ \sum_{i=1}^{N} z_i, ..., \ \sum_{i=1}^{N} k_i \,. \tag{6}$$

В реальних нейронних структурах головна та допоміжні дії можуть мати різну фізичну природу, тому доречно віднести появу стану енергетичного нуля до однієї з допоміжних дій у нейронній системі, що складається з квантрон-автоматів [8].

Око-процесорні структури як базові компоненти образного комп'ютера

Око-процесор – це інформаційна інтелектуальна система, яка моделює образне відображення світу на основі сприйняття візуальної інформації довільної природи, виділяє певні властивості та ознаки середовища, оброблює їх та приймає відповідні рішення автоматично або з участю оператора [10].

Око-процесор має такі складові ознаки (P): геометричні – x, y, z, де z – глибина зорової сцени; яскравісну – I (у координатах x, y); спектральну – W (двовимірне перетворення Фур'є (ДПФ) яскравості в координатах x, y); колірну – C (має три складові – червону R, синю B, зелену G); тепловізорну – T (розподіл теплового випромінювання в координатах x, y, z).

Око-процесор виконує такі операції: попередня фільтрація (усунення шумових точок і слабозв'язаних точок зображення, а також виділення вихідного зображення із шумового); зсув зображень (одночасний зсув всього зображення на задану відстань вліво, вправо, вгору, вниз); масштабування зображень; поворот зображення (поворот зображення на фіксовану величину); виконання логічних операцій над зображеннями Q_1 і Q_2 (логічне «і», сума по модулю два над кожними a_{ij}-точками); виділення із множини можливих образів $F(a_{ij})$ у фрагментах $\Phi(\tau)$ найбільш близьких образів до еталонних зразків $F_э(a_{ij})$ по заданій множині ознак.

Структурна схема око-процесора для задач розпізнавання образів наведена на рис 6.

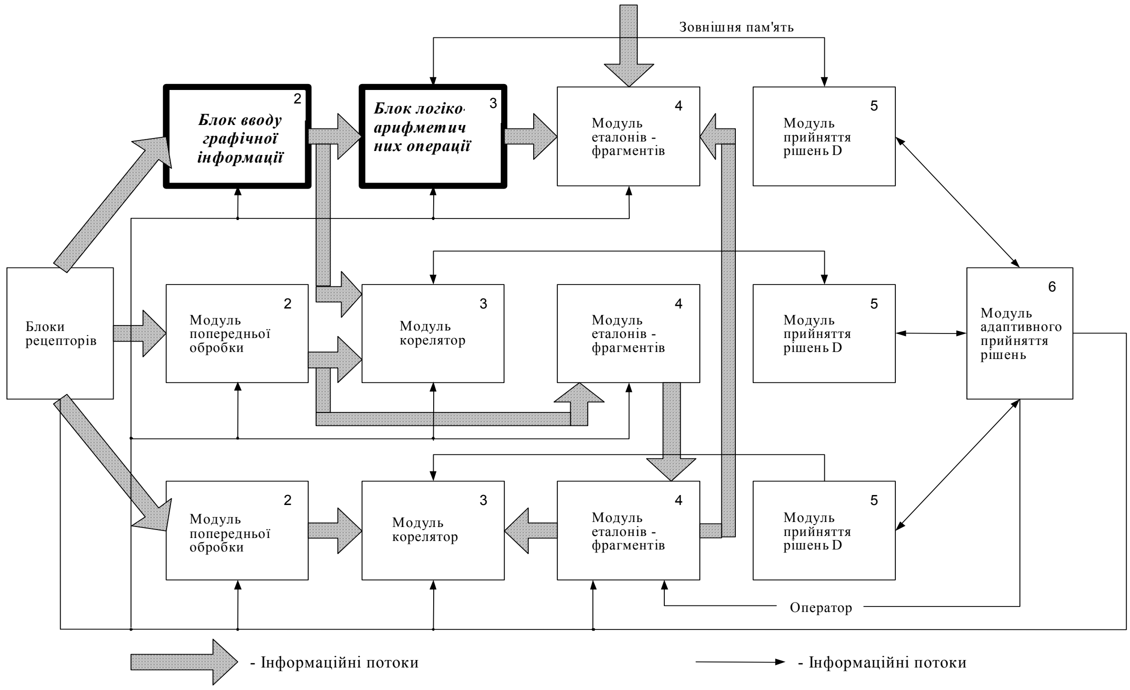


Рисунок 6 – Структурна схема око-процесора для задач розпізнавання образів

Також пропонуються схемотехнічні варіанти реалізації око-процесорних структур як складових компонентів образного комп’ютера, в тому числі на основі однорідних логіко-часових матричних середовищ з впровадженням клітинних автоматів для виділення контурів зображення [8]. В загальному вигляді середовище Око-Процесорних Матриць (ОПМ) можна зобразити у вигляді, зображеному на рис 7.

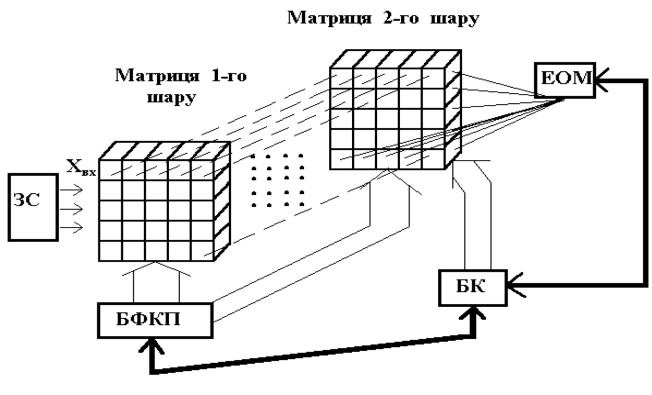


Рисунок 7 – Загальний вигляд ОПМ: ЗС – зовнішнє середовище (інформація, що надходить з телекамери, матриці ПЗС та ін.); БФКП – блок формування контрольних параметрів (контрастність, фон, поріг рівноваги та ін.); БК – блок керування

Запропонований підхід при проектуванні окремих структур образного комп’ютера, який базується на оптоелектронному принципі око-процесорної обробки інформації з організацією еволюціонуючої бази знань, забезпечує розробку високоефективних елементів, пристроїв та систем управління.

Пристрій око-процесорного оброблення

Запропоновано структуру пристрою для розпізнавання зображень з око-процесорним виділенням визначників, в якому за рахунок введення нових блоків аналізатора, синтезатора-генератора, порівняння та формування бази знань та вибору еталонів, та нових зв'язків в блоках аналізатора та синтезатора-генератора досягається одночасна обробка всієї вхідної інформації та створення різноманітних систем неявно виражених визначників зображення різних типів (рис. 8). За допомогою формування певної ієрархічної структури створюються неявно виражені визначники у відповідності із комутаційним кодом визначника, який визначають з початку обробки інформації. Тобто виконується генерування визначників та вплив їх один на одного та на вихідну функцію. А це в кінцевому результаті приводить до підвищення достовірності розпізнавання зображення.

Задачею винаходу є створення способу для розпізнавання зображень з око-процесорним виділенням визначників, в якому за рахунок введення нових операцій виділення декількох загальних частин та ієрархічного додавання досягається одночасна обробка всієї поверхні та створення нечітко визначених визначників різних типів. Розпізнавання зображень виконується за рахунок генерування неявно виражених визначників та впливу їх один на одного та вихідну функцію. А це в кінцевому результаті приводить до можливості проводити розпізнавання зображень на якісно новому рівні з організацією еволюціонуючої бази знань. Пропонується ввести поняття «око-процесорне виділення визначників», на відміну від класичних строго прив'язаних до реалізації конкретних наперед заданих алгоритмів строгих обчислень при розпізнаванні.

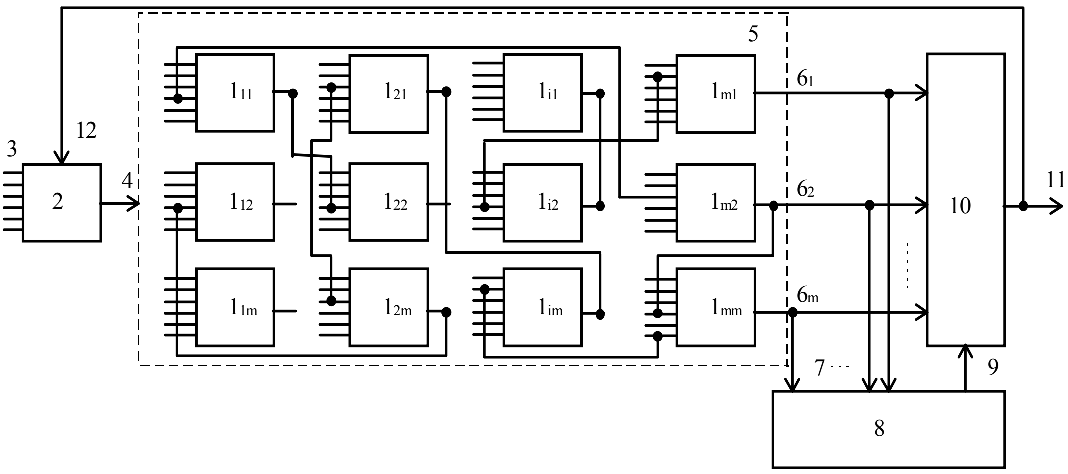


Рисунок 8 – Структурна схема пристрою око-процесорного оброблення

Поставлена задача вирішується тим, що в способі для розпізнавання зображень з око-процесорним виділенням визначників використане паралельне накопичення (додавання) одночасно всієї інформації, що надходить, та паралельне виділення загальних частин незалежно від типу інформації. При цьому всі сигнали перетворюють на логіко-часові функції та виділяють одразу декілька загальних частин, які обробляють за допомогою певного ієрархічного додавання, яке виконується згідно з ієрархічною побудовою синтезатора-генератора визначників. За допомогою цього вводять якісні визначники зображень, кожен з яких діє на вихідну функцію за допомогою оператора впливу, який представляє собою певну функціональну залежність. Після закінчення

обробки інформації утворюється цільовий кодер (лічильник змін внутрішнього стану синтезатора-генератора визначників), його вихід постійно аналізують та порівнюють з раніше відомими та записаними в пам'яті у вигляді логіко-часових функцій еталонними зразками бази знань, за допомогою яких виконують кінцеве розпізнавання зображень. У випадку відсутності відповідного еталонного зразка, отриманий результат після експериментальної ідентифікації записують в якості нового еталона та представляють як раніше невідому еталонну логіко-часову функцію для інтерактивного уточнення його змісту та значення. В цьому випадку визначають найбільш близький еталон згідно з операцією порівняння, щоб зробити висновок про тип зображення та можливі варіанти розширення даних типів бази даних за ступінню наближення отриманого результату до еталону з подальшим експериментальним (емпіричним) уточненням. Таким чином виконують еволюційний розвиток бази знань.

Спосіб для розпізнавання зображень з око-процесорним виділенням визначників здійснюється за допомогою способу паралельного додавання на базі виділення загальної частини для всіх сигналів, що надходять, незалежно від їх типу. Спочатку всі сигнали підлягають попередній обробці, під час якої перетворюють їх на логіко-часові функції та виділяють одночасно декілька загальних частин, які характеризують визначники зображення, що розпізнають.

Спосіб, який запропоновано, дозволяє підвищити точність розпізнавання зорових об'єктів за рахунок обробки всієї інформації, яка надходить, одночасно та при цьому формувати системи різноманітних видів визначників зображень, а також відмічається вплив кожного синтезованого визначника на вихідну інформацію.

Висновки

Відомі методи синтезу цифрових автоматів базуються на табличному описі їх функціонування і практично не підходить для синтезу схем, що описуються ЛЧФ. В цифрових автоматах, для найбільш повного відображення усіх специфічних вимог обчислювальних структур на базі ЛЧФ, доцільно використати пристрої, побудовані на функціональних оптико-електронних базис-елементах – квантронах, і відповідні квантрон-автомати.

Таким чином, образне людське мислення, що базується на оптичному порівнянні у зоровому каналі сприйняття інформації, є складною задачею для обчислювальної техніки, організованої на двійковому електронно-потенціальному підсумовуванні. Для вирішення даної проблеми перспективним є перехід на оптоелектронні логіко-часові середовища. Це дозволяє створити елементну базу, яка забезпечує суміщення введення-виведення, перетворення і обробку інформації у зручному вигляді для сприйняття людиною.

Отже, око-процесор як певного рівня організації інтелектуальна структура набуває значних переваг в порівнянні з іншими, подібними йому, інтелектуальними системами. Це дозволяє розглядати око-процесор як первинну оптико-електронну модель образного комп'ютера, а оптоелектронні логіко-часові перетворювачі інформації – як його базові структури.

Література

1. Гриценко В.И. Информатизация как проблема // УСиМ. – 2001. – № 6.
2. Функциональные элементы и устройства оптоэлектроники / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Г.Л. Лысенко, Ю.Ф. Кутаев. – К.: УМК ВО, 1990.
3. Рабинович З.Л. Основы теории элементных структур ЭВМ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982.

4. Натрошвили О.Г., Кожемяко В.П., Саникидзе Д.О., Джалиашвили З.О. Об организации информационной матрицы видеотермальных цифровых устройств на квантронах // Сообщения академии наук Грузинской ССР. – 1986. – № 2. – С. 121.
5. Галушкин А.И. Некоторые исторические аспекты развития элементной базы вычислительных систем с массовым параллелизмом (80-е и 90-е годы) // Нейрокомпьютер. – 2000. – № 1. – С. 68-82.
6. Квантові перетворювачі на оптоелектронних логіко-часових середовищах для око-процесорної обробки зображень: Монографія / В.П. Кожем'яко, Т.Б. Мартинюк, О.І. Суприган, Д.І. Клімкіна. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 126 с.
7. Паралельно-ієрархічне перетворення як системна модель оптико-електронних засобів штучного інтелекту: Монографія / В.П. Кожем'яко, Ю.Ф. Кутаєв, С.В. Свєчніков та ін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 324 с.
8. Кожем'яко В.П., Хамді Рамі Р.М., Гордієнко Д.В., Баштовий Ю.В. Синтез нейронних систем на квантрон-автоматах з використанням поняття енергетичного нуля // Вісник ВПІ. – № 6 (27). – 1999. – С. 60-65.
9. А.с. СССР №1119035, МКИ G 06 G 7/14. Способ параллельного сложения длительностей группы временных интервалов / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Т.В. Головань, Н.Е. Фурдияк, Т.Б. Мартынюк. – № 3528309 / 18 – 24; Заявл. 24.12.82; Опубл. 15.10.84, Бюл. № 38. – 8 с.
10. Кожем'яко В.П., Тимченко Л.І., Яровий А.А. Паралельно-ієрархічні мережі як структурно-функціональний базис для побудови спеціалізованих моделей образного комп'ютера: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 216 с.

В.П. Кожемяко, А.В. Кожемяко

Концепции создания образного компьютера око-процессорного типа

В статье рассматриваются возможности построения абстрактного КВ-автомата в логико-временной среде для повышения эффективности глаз-процессорной обработки информации. Рассмотрены основные положения развития оптоэлектронных логико-временных сред в контексте нейробиологической интерпретации для дальнейшего применения в искусственных нейронных сетях. Предложена логико-временная модель нейронного элемента на основе квантронов с возможностью использования известных преимуществ функциональной оптоэлектроники. Рассмотрены особенности аппаратной реализации формального нейрона – перцептрона. Исследовано проблемы, связанные с обоснованием приоритетности оптоэлектронной схемотехники для аппаратной реализации образного компьютера. На основе концептуального подхода и теоретического анализа предлагаются соответствующие модели и аппаратные варианты глаз-процессорных структур как базовых компонентов образного компьютера.

V.P. Kojemiako, A.V. Kojemiako

Creation Conceptions of Shaped Computer Eye-Processor Type

In the article possibilities of the building of KV-automates are examined in a logic-temporary environment for the increase of efficiency of eye-processor treatment of information. The basic principles of optoelectronic logic-temporary environments development in a context of neurobiology interpretation for the further application in artificial neural networks is considered. The logic-temporary model of neural element on a basis of kvantrons with an opportunity of use of known advantages functional optoelectronic is offered. Some features of formal neuron – perceptron hardware support are observed also. Researched the problems of connected with a substantiation priority of optoelectronic circuit technique for hardware realization of the pattern computer. Using the conceptual approach and theoretical analysis, the preliminary models and hardware variants of eye-processor structures as base components of the pattern computer are offered.

Стаття надійшла до редакції 18.07.2008.